

การปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาปลาข้างเหลืองแห้งด้วยน้ำโอโซน

ปกรณ์ แสนจิตต์^{1*} ชัชวาล มงคล² สุธี ประจักษ์ศักดิ์³ สายฝน เสกขุนทด⁴

Received : April 15, 2019

Revised : May 17, 2019

Accepted : August 1, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยของความเข้มข้นและระยะเวลาของน้ำโอโซนในกระบวนการผลิตปลาข้างเหลืองตากแห้ง ต่อสมบัติทางจุลชีววิทยาระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษา โดยศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ปนเปื้อนตามธรรมชาติ และปลาข้างเหลืองชำแหละสดที่ผ่านการแช่น้ำโอโซน ที่ความเข้มข้นของโอโซน 0.5 0.75 และ 1 ppm เวลาแช่ 3 ระดับ คือ 10 15 และ 20 นาที โดยนำเนื้อปลาที่ผ่านการแช่น้ำโอโซนมาตากแห้งที่อุณหภูมิ 35–40 องศาเซลเซียส นาน 3-4 ชั่วโมง หรือจนกว่ามีค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Aw) ไม่เกิน 0.85 จากผลการทดลอง พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์มีแนวโน้มลดลงเมื่อความเข้มข้นของโอโซนและระยะเวลาในการแช่น้ำโอโซนมากขึ้น สภาวะที่เหมาะสมคือ การใช้น้ำโอโซนความเข้มข้น 1 ppm แช่ระยะเวลา 20 ทำให้คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของปลาข้างเหลืองชำแหละสดดีที่สุด

การศึกษาอายุการเก็บรักษामลิตภัณฑ์ที่ผ่านน้ำโอโซนความเข้มข้น 1 ppm โดยการบรรจุ ในถุง Polyethylene (PE) ปรับสภาวะสุญญากาศเปรียบเทียบกับสภาวะการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 5 °C) อุณหภูมิแช่เย็น (7 ± 2 °C) และอุณหภูมิแช่แข็ง (-18 °C) พบว่าปลาข้างเหลืองตากแห้งที่ผ่านการแช่น้ำโอโซนความเข้มข้น 1 ppm ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 5 °C) อุณหภูมิแช่เย็น (7 ± 2 °C) และอุณหภูมิแช่แข็ง (-18 °C) และบรรจุในสภาวะสุญญากาศสามารถเก็บรักษาได้นาน 45 วัน และไม่พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อการบริโภคในผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สภาวะบรรจุ

คำสำคัญ : โอโซน, ปลาข้างเหลืองแห้ง, คุณภาพทางจุลินทรีย์, สี, เนื้อสัมผัส, อายุการเก็บรักษา

^{1*,2,3} สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

⁴ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

* ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: pondpak@gmail.com

IMPROVEMENT OF QUALITY AND SHELF LIFE EXTENSION OF THE DRIED YELLOW-STRIPLE TREVALLY FISH (*Selaroides leptolepis*) BY USING OZONATED WATER

Pakorn Saenjit^{1*} Chatchawarn Mongkhon²
Sudhee Prajongsak³ Saifon Sekkhunthod⁴

Abstract

The objective of this work is to study the effect of concentration of concentration and duration of ozone water in the production of dried yellow fish On microbiological properties during production and storage By studying the total amount of microorganisms naturally contaminated And fresh yellow fish dissected through ozone water immersion At ozone concentrations of 0.5 0.75 and 1 ppm, 3 levels of soaking time were 10, 15 and 20 minutes. Water Activity (Aw) not more than 0.85 from the experimental results It was found that the amount of microorganisms tended to decrease when the concentration of ozone and the duration of ozone immersion increased. The right conditions are The use of ozone water concentration 1 ppm, soaking time 20, makes the microbiological quality of the yellow fish freshly dissected.

The shelf life of product with ozone concentration 1 ppm was studied by packing in polyethylene (PE) bags. Compare storage conditions. At room temperature (30 ± 5 ° C), chilled temperature (7 ± 2 ° C) and freezing temperature (-18 ° C). It was found that dried yellow fish that passed 1 ppm ozone concentration at room temperature (30 ± 5 ° C) Refrigerated temperature (7 ± 2 ° C) and freezing temperature (-18 ° C) and packed in a vacuum condition can be stored for 45 days. All product packed under different conditions were free from health hazard microorganisms.

Keywords : Ozone application, Dried yellow-stripe trevally fish, microbial quality, color, texture, shelf life

^{1*,2,3} Department of Industrial Management, Faculty of Industrial Technology, Rajabhat Rajanagarindra University,

⁴ Department of Computer Education, Faculty of Education, Rajabhat Rajanagarindra University

* Corresponding author, email: pondpak@gmail.com

บทนำ

อาหารทะเลเป็นสินค้าประมงที่มีมูลค่าสามารถนำเข้าประเทศจากการส่งออกสูง โดยเฉพาะกลุ่มปลาและผลิตภัณฑ์ จากสถิติการส่งออกปี 2559 มีปริมาณการส่งออกผลิตภัณฑ์รวม 972,776,251 กิโลกรัม มีมูลค่าการส่งออก 109,663 ล้านบาท (ฐานเศรษฐกิจ, 2560, ออนไลน์) แต่การส่งออกอาหารทะเลนั้นบางครั้งประสบกับปัญหาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรค และอายุการเก็บรักษาที่สั้น ซึ่งก่อให้เกิดความไม่น่าเชื่อถือของสินค้าในแง่ความปลอดภัยของอาหาร ส่งผลเสียต่อภาพพจน์ของประเทศและทำให้ ผู้บริโภคเสี่ยงต่อการเกิดโรคจากอาหารเป็นพาหะ เชื้อจุลินทรีย์ที่ตรวจพบในสินค้าอาหารทะเลเหล่านั้น ได้แก่ *vibrio spp.*, *Escherichia coli* และ *salmonella spp.* (Park *et al.*, 2004) เนื่องจากในระหว่างขั้นตอนการผลิตของอาหารทะเลมีหลายขั้นตอนและมีโอกาสสัมผัสกับแหล่งปนเปื้อนอื่นๆ เช่น น้ำใช้ คนงาน และอุปกรณ์ การล้างด้วยน้ำสะอาดเพียงอย่างเดียวไม่สามารถกำจัดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ชนิดก่อโรคให้ออกไปได้หมด แต่สามารถลดการปนเปื้อนนั้นได้ด้วยการล้างด้วยน้ำผสมสารฆ่าเชื้อ ซึ่งปัจจุบันเป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญใน กระบวนการผลิตเพื่อลดจุลินทรีย์ก่อโรค โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปลาสดและอาหารทะเลดิบ ตลอดจนผลิตภัณฑ์จากสัตว์น้ำที่สามารถเสื่อมเสียได้ง่ายเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ชนิดอื่น ซึ่งคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ โดยเชื้อจุลินทรีย์จะไปย่อยสลายประกอบของเนื้อปลา โดยเฉพาะสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non protein nitrogen) จึงเหนียวทำให้เกิด กลิ่นที่ผิดปกติ (off-odor) และทำให้เกิดการเน่าเสียขึ้น (Campos, Rodríguez, Losada, Aubourg & Barros velazquez, 2005)

จากข้อมูลการผลิตปลาตากแห้ง ตลอดทั้งปีมีการสูญเสียของผลิตภัณฑ์ของโรงงาน ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพและการผลิต จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า มีการเกิดสูญเสียจากปัจจัยต่างๆ เช่น การเกิดการเหม็นเปรี้ยว เชื้อเกินมาตรฐาน จากปัจจัยดังกล่าวทำให้ต้องสูญเสียผลผลิตไปเป็นจำนวน 5,346 กิโลกรัม คิดเป็นการสูญเสียรายได้เท่ากับ 1,309,770 บาท ต่อปี ถ้าหากคิดในแง่กลับกัน หากมีการปรับปรุงการผลิตที่ดีขึ้นส่งผลให้การสูญเสียผลิตภัณฑ์ทั้งหมดไม่เกิดขึ้นและมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่ดีขึ้น ทำให้ผู้ประกอบการเชื่อมั่นในกระบวนการผลิตและความพึงพอใจของลูกค้าอีกด้วย

จากสภาพปัญหาที่กล่าวมาผู้วิจัยได้เสนองานวิจัยจากการวิเคราะห์สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นกับคุณภาพผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตของบริษัท กรณีศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสงครามซึ่งเป็นอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำตากแห้ง ที่พบว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด หรือไม่ก็อายุการเก็บสั้น โดยการวิจัยในครั้งนี้เริ่มต้นจากการประยุกต์ใช้ไอโซนทอดแทนสารประกอบคลอรีน ในกระบวนการเตรียมและล้างวัตถุดิบ รวมถึงการศึกษาคุณภาพระหว่างการเก็บของปลาข้างเหลืองตากแห้งที่ผ่านการล้างด้วยน้ำไอโซน ซึ่งอาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งส่งผลต่อการปรับปรุงคุณภาพทางกายภาพ กลิ่น และยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้นสำหรับการส่งออกทำให้อาหารมีคุณภาพที่ดีขึ้นและมีความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้บริโภค ลดค่าใช้จ่ายในกรณีที่มีการเรียกคืนสินค้าหรือทำลายสินค้า ทั้งนี้ยังเพิ่มศักยภาพของตลาดสินค้าอาหารทะเลสู่โลกการค้า ส่งผลให้มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการใช้ไอโซนในกระบวนการล้างและติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ เนื้อสัมผัส และการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ในปลาข้างเหลืองตากแห้ง
2. เพื่อประเมินหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองตากแห้งที่ได้จากประยุกต์ใช้น้ำไอโซนร่วมกับกระบวนการผลิต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 สถานที่จัดเก็บข้อมูลในการทำวิจัยครั้งนี้คือ บริษัท กรณีสึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสงครามซึ่งเป็นโรงงานแปรรูปอาหารทะเลตากแห้งส่งออก ประชากรเป็นปลาข้างเหลืองสด การสุ่มตัวอย่างโดยผู้วิจัยพิจารณาคัดเลือกการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (surpose sampling) เพื่อให้ตรงตามวัตถุประสงค์การวิจัย (ระพีพันธ์ โพธิ์ศรี, 2549) โดยคัดเลือกปลาข้างเหลืองตากแห้งเป็นตัวแทนในการวิจัย ซึ่งพิจารณาจากความเหมาะสม ต่างๆ เช่น มูลค่าและคุณสมบัติของสินค้า ปริมาณการส่งออก และคุณภาพมาตรฐานที่เข้มงวด

1.2 การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาสภาพปัญหาในการผลิตปลาข้างเหลืองแห้ง ของบริษัท กรณีสึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสงคราม ศึกษาคุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาข้างเหลืองแห้ง โดยใช้วิธีการจัดการและปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น โดยศึกษาแนวความคิดการใช้โอโซน (สุรพล รักปทุม, 2543) กระบวนการทำแห้งในอาหาร (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2559) การล้างสัตว์น้ำ (สิริพร ธนเสาวภาคย์, 2543) และคุณภาพอาหารและการควบคุมคุณภาพโดยการตรวจติดตาม (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2559,)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งเป็น 4 ส่วนด้วยกัน ได้แก่

2.1 วัตถุดิบ ได้แก่ ปลาข้างเหลือง ซอร์บิทอลและเกลือป่น

2.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ อาหารเลี้ยงเชื้อ สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทำงานวิจัย ได้แก่ เครื่องผลิตโอโซน (FA-5000, Thailand) เครื่องมือทางห้องปฏิบัติการ

2.4 แบบฟอร์มการบันทึกการผลิตปลาข้างเหลืองแห้ง ได้แก่ แบบฟอร์มตรวจสอบค่า Aw และแบบฟอร์มการบันทึกควบคุมอุณหภูมิ

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลเก็บข้อมูลด้วยผู้วิจัยเอง ณ สถานที่ประกอบการ เริ่มจาก

3.1 การศึกษาการปนเปื้อนของแบคทีเรียในวัตถุดิบปลาข้างเหลืองสด

3.2 การศึกษาศึกษาปริมาณความเข้มข้น และระยะเวลาในการแช่น้ำโอโซนต่อคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของปลาข้างเหลืองแช่แช่สด

3.3 การศึกษาศึกษาผลของน้ำโอโซนต่อคุณลักษณะทางจุลินทรีย์ของปลาข้างเหลืองตากแห้ง

3.4 การศึกษาผลของการใช้น้ำโอโซนต่ออายุการเก็บรักษาของปลาข้างเหลืองตากแห้ง ทดลองทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ กุมภาพันธ์ 2561 ถึง กรกฎาคม 2561 เป็นเวลาทั้งหมด 6 เดือน โดยมีรายละเอียดข้อมูล ได้แก่ ผลการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ ทางด้านจุลินทรีย์ กายภาพ แต่ละการทดลอง ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวัดปริมาณโอโซน

4.2 การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ มีดังนี้ (แปรผลพิจารณาผล อ้างอิงมาตรฐานกรมประมง)

4.2.1 Salmonella spp.

4.2.2 Coliform

4.2.3 Yeasts and mold

4.2.4 Total viable count

4.3 การวิเคราะห์ทางเคมี (แปรผลพิจารณาผล อ้างอิงมาตรฐานกรมประมง)

ได้แก่ วอเตอร์แอคทีวิตี้ (A_w)

4.4 การประเมินลักษณะประสาทสัมผัส (อ้างอิงมาตรฐานบริษัท กรณศึกษา)

ได้แก่ Hedonic Scale 9 – point

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการตามตอนขั้นตอนดังนี้

วางแผนการทดลองแบบ RCBD วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูป ในขั้นตอนการประเมินทางประสาทสัมผัส

ประเด็นแรก ศึกษาการปนเปื้อนของแบคทีเรียในวัตถุดิบปลาข้างเหลืองสด การเก็บตัวอย่าง ลงพื้นที่เก็บตัวอย่างปลาข้างเหลืองสด ณ จุดรับวัตถุดิบ ของบริษัท กรณศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสงครามโดยได้กำหนดการศึกษาในตอนต้นที่ 1 วิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) และ Yeasts and Molds และ Salmonella spp. และ Coliform Bacteria

ประเด็นที่สอง ศึกษาปริมาณความเข้มข้น และระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่น้ำโอโซนต่อคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของปลาข้างเหลืองสด โดยได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นของโอโซนที่ละลายได้ (dissolved ozone, dO3) ที่ใช้ในการทดลองมี 3 ระดับคือ 0.5 0.75 และ 1.0 ppm และระยะเวลา 10 15 และ 20 นาที แล้วนำไปวิเคราะห์คุณลักษณะทางด้านจุลินทรีย์ ทั้งนี้เปรียบเทียบกับสภาวะควบคุมคือเนื้อปลาที่ไม่ผ่านการแช่น้ำโอโซน ทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติที่ดีคือ ปริมาณผลทางด้านจุลินทรีย์ที่มีปริมาณน้อยที่สุด หรือเปลี่ยนแปลงต่ำสุด

ประเด็นที่สาม ศึกษาผลของน้ำโอโซนต่อคุณลักษณะทางเคมี และจุลินทรีย์ของปลาข้างเหลืองสดแห้ง โดยเนื้อปลาข้างเหลืองที่แล้ จากการทดลองในตอนต้นที่ 2 มาทำการหมักกับส่วนผสมตามสูตร แล้วตากแห้งให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ (A_w) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.85 ทำการวิเคราะห์คุณลักษณะด้านจุลินทรีย์ ทั้งนี้เปรียบเทียบกับสภาวะควบคุมคือเนื้อปลาที่ไม่ผ่านการแช่น้ำโอโซน

ประเด็นสุดท้าย ศึกษาผลของการใช้น้ำโอโซนต่ออายุการเก็บรักษาของปลาข้างเหลืองสดแห้ง โดยใช้ความเข้มข้นของโอโซนและระยะเวลาสัมผัส จากการพิจารณาในตอนต้นที่ 3 บรรจุอาหารทะเลในถุงพลาสติก Polyethylene เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ได้ ใน 3 อุณหภูมิ คือ อุณหภูมิห้อง (35 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิ 7 และ -18 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ทุกวัน 15 วัน เป็นระยะเวลา 45 วัน ศึกษาคุณภาพวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของปลาข้างเหลืองสดแห้ง และทำการทดสอบการยอมรับโดยวิธีการชิม

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ตอนที่ 1 ศึกษาการปนเปื้อนของแบคทีเรียในวัตถุดิบปลาข้างเหลืองสด จากการตรวจสอบปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในตัวอย่างปลาข้างเหลืองสด ที่เก็บจากบริเวณ จุดรับวัตถุดิบ บริษัท กรณศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสงคราม จำนวน 3 ตัวอย่าง พบว่าในตัวอย่างปลาข้างเหลืองสด มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเฉลี่ย 4.9×10^6 CFU/g มีปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดเฉลี่ย 2.4 per 0.1 g มี Yeasts and molds ทั้งหมดเฉลี่ย <10 CFU/g และ Salmonella spp. ทั้งหมดเฉลี่ย ND per 125 g

กองตรวจสอบรับรองมาตรฐานคุณภาพสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้ออก เรื่อง ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยสินค้าประมง มาตรฐานผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำสำหรับส่งออก ได้กำหนดชนิดของจุลินทรีย์ปริมาณเชื้อที่พบสำหรับอาหารที่บริโภคได้ ต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด ในกลุ่มสินค้าปลาแห้ง มีจำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด (total viable count) ที่ยอมรับได้ในตัวอย่างที่ตรวจสอบต้องไม่เกิน 5.0×10^5 CFU/g. โคลิฟอร์มแบคทีเรีย ที่ยอมรับได้ในตัวอย่างที่ตรวจสอบต้องไม่เกิน <3 MPN/g. *Salmonella* spp. ที่ยอมรับได้ในตัวอย่างที่ตรวจสอบต้อง ND per 125 g. และ Yeasts and molds ที่ยอมรับได้ในตัวอย่างที่ตรวจสอบต้องไม่เกิน 1.0×10^3 CFU/g. ในตัวอย่างที่ทำการทดสอบ

เนื่องด้วยปลาและผลิตภัณฑ์จากสัตว์น้ำ สามารถเสื่อมเสียได้ง่ายเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ เนื้อสัตว์ชนิดอื่นโดยคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากการปนเปื้อนของ เชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์จะไปย่อย ส่วนประกอบของเนื้อปลา จึงเหนียวน้ำให้เกิดกลิ่นที่ผิดปกติ (off-odor) และเกิดการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ โรงงานอุตสาหกรรมอาหาร ทะเลโดยทั่วไปจึงนิยมล้างวัตถุดิบก่อนแปรรูปด้วยสารละลายเกลือ โดยจากการศึกษาของ Mendes และ Nunes (1992) พบว่าการล้างเนื้อปลาสำหรับทำซูริมีด้วยน้ำเกลือจะช่วยกำจัดไขมัน ชาร์ โคพลาส- มิคโปรตีน (sarcoplasmic protein) สารอื่นๆ ที่ไม่ต้องการอย่าง เลือด สารสี (pigment) และสารประกอบให้กลิ่นออกจากเนื้อปลา นอกจากนี้การแช่เนื้อปลาในสารละลายน้ำเกลือสามารถช่วยปรับปรุงรสชาติ และความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ของเนื้อปลารวมถึงช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของ เชื้อจุลินทรีย์ได้ (ประมุข, 2552)

ตอนที่ 2 เพื่อศึกษาปริมาณความเข้มข้น และระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่น้ำไอโซนต่อคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของปลาข้างเหลืองชำแหละสด

ผลของความเข้มข้นของน้ำไอโซนและระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่ปลาข้างเหลืองชำแหละสด ซึ่งไอโซนมีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านเชื้อจุลินทรีย์ในช่วงกว้าง และสามารถต้านเชื้อได้ทั้ง แบคทีเรีย และสปอร์ของแบคทีเรียและรา จากการทดลองพบว่า ความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่น้ำไอโซนที่มากขึ้นส่งผลให้ปริมาณยีสต์/รา บริเวณหนังปลาข้างเหลืองสดและเนื้อปลาข้างเหลืองชำแหละสดลดลง และมีแนวโน้มที่จะลดลงตามความเข้มข้น และระยะเวลาในการแช่น้ำไอโซนที่มากขึ้น นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อปลาข้างเหลืองชำแหละสด ในสภาวะควบคุมที่ไม่ผ่านการแช่ไอโซน พบว่าการใช้ไอโซนส่งผลให้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์/รา ทั้งที่บริเวณหนังและเนื้อปลาลดลง เนื่องจากไอโซนเป็นตัวออกซิไดเซอร์ที่รุนแรงจึงสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้

การฆ่าเชื้อของไอโซนจะมีกระบวนการที่ซับซ้อนในการจับกับเซลล์เมมเบรน ส่วนประกอบ ของผนังเซลล์ เช่น ไขมันไม่อิ่มตัว และสารประกอบที่อยู่ภายในเซลล์ เช่น เอนไซม์ และกรดนิวคลีอิก โดยปกติเชื้อจุลินทรีย์จะถูกทำลายจากการทำให้ผนังเซลล์แตก หรือเกิดการแยกเป็นส่วนๆ เพื่อให้ เกิดการรั่วของสารประกอบภายในเซลล์ กลไกการทำงานของไอโซนในการยับยั้งจุลินทรีย์เกิดขึ้นได้ โดยโมเลกุลของไอโซนจะเข้าไปทำปฏิกิริยาโดยตรงกับสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในเซลล์ของจุลินทรีย์ ซึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นสาเหตุสำคัญในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่ ไอโซน โดยจุดแรกที่เกิดการสัมผัสระหว่าง ไอโซนและเชื้อแบคทีเรียจะเกิดบริเวณเซลล์เมมเบรน ทำให้เกิดการออกซิเดชันของกรดอะมิโน เช่น ทริปโตแฟน (tryptophan) หรือการออกซิเดชันของไกลโคโปรตีน (glycoprotein) และไกลโคลิปิด (glycolipid) ที่ผนังเซลล์ นอกจากนี้อนุมูลตัวกลางอิสระที่เกิดจากกระบวนการออกซิเดชันจะเป็นตัวเข้าทำลายเซลล์เมมเบรน ไฮโดรฟาสซึมโปรตีนและชั้นของไขมันในเซลล์จุลินทรีย์ ทำให้เกิดการจับตัวเป็นก้อน โปรตีนแล้วทำให้เซลล์แตก หรือการเข้าทำลายระบบหายใจของเซลล์จุลินทรีย์ได้ (Dave, 1999) พบว่าไอโซนสามารถทำลายผนังเซลล์ของ

Salmonella enteritidis ได้ ซึ่งไอโซนอาจเข้าไปทำลาย หน้าที่ของเซลล์โดยการทำปฏิกิริยากับหมู่ซัลไฮดริล (sulfhydryl) ของเอนไซม์ที่มีส่วนในการเกิดเมแทบอลิซึม (metabolism) ของเซลล์โดยเฉพาะซิสเตอีน (cysteine) (Ingram และ Haines, 1949; Chang, 1971; Chawla, 2006) ประสิทธิภาพของไอโซนในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์จะเร็วกว่าคลอรีน เนื่องจากคลอรีนต้องแพร่กระจายเข้าสู่เซลล์ผ่านผนังเซลล์ แล้วจึงไปยับยั้งกิจกรรมทางชีวเคมีของ เชื้อจุลินทรีย์ก่อนทำให้เชื้อจุลินทรีย์ตาย (ประมุข. 2552)

จากการทดลองพบว่าการแช่น้ำไอโซนที่ความเข้มข้น 1 ppm นาน 20 นาทีสามารถลด ปริมาณ เชื้อจุลินทรีย์ได้มากที่สุด เมื่อพิจารณาจากการทดลองพบว่าการใช้ไอโซนที่ความเข้มข้น 1 ppm นาน 20 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์ ราได้ดี

จากการทดลองจะเห็นว่าความเข้มข้นของไอโซนที่ 1 ppm ส่งผลต่อการลดลงของปริมาณ เชื้อจุลินทรีย์ค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตามการเพิ่มความเข้มข้นของไอโซนให้สูงกว่า 1 ppm อาจจะสามารถช่วยลด ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในปลาข้างเหลืองชำแหละลงได้อีก แต่จากการทดลองเบื้องต้นพบว่า ความเข้มข้นที่ผลิตได้ 1 ppm เป็นค่าจำกัดสูงสุด เนื่องจากปริมาณไอโซนที่เพิ่มมากกว่านี้จะทำให้เกิด off-gassing ที่ส่งผลกระทบต่อ ผู้ใช้งานได้เช่นเดียวกับระยะเวลาในการแช่น้ำไอโซน จากการทดลองนี้ พบว่าเวลา 20 นาทีเป็นเวลาสูงสุดที่ สามารถรักษาความเข้มข้นของไอโซนให้คงที่ตลอดการแช่เนื้อปลาข้างเหลืองชำแหละสดได้

ตอนที่ 3 เพื่อศึกษาผลของน้ำไอโซนต่อคุณลักษณะทางจุลินทรีย์ของปลาข้างเหลืองตากแห้ง

ปลาข้างเหลืองตากแห้งที่ผลิตโดยทั่วไปมักจะพบปริมาณเชื้อแบคทีเรีย โคลิฟอร์มแบคทีเรีย Yeasts and molds และ *Samonella* spp. ดังนั้นการศึกษานี้จึงเป็นการศึกษาผลของน้ำไอโซนต่อคุณสมบัติทาง ชีววิทยาของปลาข้างเหลืองตากแห้ง โดยเนื้อปลาข้างเหลืองจะถูกนำมาตากแห้งที่อุณหภูมิ 35 - 40 องศาเซลเซียส ประมาณ 3-4 ชั่วโมงจนกระทั่งค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (A_w) ได้ 0.85 ผลการทดลองพบว่าการแช่น้ำ ไอโซนที่ความเข้มข้น 1 ppm สามารถช่วยลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์ รา ในเนื้อปลาทากแห้งได้ดี ที่สุด

จากการศึกษาสอดคล้องกับงานวิจัยของอัจฉรา แสนคม และคณะ (2553) พบว่าน้ำไอโซนสามารถ ยับยั้งปริมาณเชื้อทั้งหมดในตัวอย่างได้ เมื่อใช้น้ำไอโซนความเข้มข้น 0.5 ppm ล้างกุ้งขาว หมึกและเนื้อปลานิล แล เวลาล้าง 15 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ร่วมกับการเขย่าอย่างต่อเนื่องที่ความเร็วรอบ 150 rpm สามารถลดเชื้อทั้งหมดในตัวอย่างได้ 0.63 (ร้อยละ 76.92), 0.56 (ร้อยละ 72.03) และ 0.27 (ร้อยละ 46.4) log CFU/g ตามลำดับ และการทดลองไม่พบว่ามี การปนเปื้อนของเชื้อ *Escherichia coli* ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา ของ Mielcke และ Ried (2004) ที่รายงานว่า การใช้ไอโซนที่ความเข้มข้นต่ำเพียง 0.01 ppm สามารถทำลาย แบคทีเรียลงได้ ทั้งนี้เชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะ มีความไวต่อการถูกทำลายโดยไอโซนแตกต่างกัน เชื้อแบคทีเรีย จะสามารถถูกทำลายได้ง่ายกว่ายีสต์/ รา เชื้อแบคทีเรียแกรมบวกสามารถทำลายได้ง่ายกว่าแกรมลบ ในขณะที่ สปอร์สามารถทนต่อไอโซนได้

ตอนที่ 4 เพื่อศึกษาผลของการใช้น้ำไอโซนต่ออายุการเก็บรักษาของปลาข้างเหลืองตากแห้ง

จากการศึกษาผลของน้ำไอโซนต่อการเปลี่ยนแปลงในเนื้อปลาข้างเหลืองตากแห้งระหว่างการเก็บ รักษาพบว่า การเก็บรักษาเนื้อปลาที่ผ่านและไม่ผ่านการแช่น้ำไอโซนในสภาวะแช่แข็งมีแนวโน้มที่จะช่วยชะลอ การเพิ่มขึ้นของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์อย่างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับผลของอุณหภูมิที่สภาวะการจัดเก็บปกติ ทั้งนี้ พบว่าอุณหภูมิส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ การเก็บรักษาเนื้อปลาข้างเหลืองตากแห้งที่ผ่านการ แช่น้ำไอโซนที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส สามารถช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิห้อง หรือ 35 องศาเซลเซียส

นอกจากนี้จากการทดลองพบว่าปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่นานขึ้น ดังนั้นจากผลการทดลองจะเห็นว่าเนื้อปลาข้างเหลืองตากแห้งที่ผ่านโอโซนทุกสภาวะการเก็บรักษาจะสามารถเก็บรักษาได้มากกว่า 45 วันโดยที่ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์ / รา ไม่เกินข้อกำหนดของกรมประมง ซึ่งอายุการเก็บรักษาดังกล่าวมากกว่าเนื้อปลาข้างเหลืองตากแห้งที่ไม่ผ่านโอโซนประมาณ 3 เท่า เนื่องจากเนื้อปลาข้างเหลืองตากแห้งที่ไม่ผ่านโอโซนจะมีอายุการเก็บรักษาเพียง 0 วัน ในจุลินทรีย์ประเภท total viable ยกเว้น โคลิฟอร์มแบคทีเรีย, *Samonella* spp. และ Yeasts and molds ที่ผ่านเกณฑ์กำหนด

จากการประเมินลักษณะปรากฏที่เปลี่ยนแปลงนำมาหาผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่ง ประเมินคุณภาพทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ตัวอย่างเนื้อปลาข้างเหลืองตากแห้งระหว่างการเก็บรักษา พบว่าเนื้อปลาข้างเหลืองตากแห้ง ที่ผ่านโอโซนจะมีค่าสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม อยู่ในระดับความชอบปานกลางทุกข้อหายาการเก็บรักษา ทั้งนี้ค่าคุณลักษณะสี กลิ่นของเนื้อปลาทั้งจะมีการเปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองที่ได้จะเห็นว่าสภาวะในการบรรจุและอุณหภูมิในการเก็บรักษา ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของเนื้อปลาข้างเหลืองแห้ง

สรุป

จากการวิจัยในครั้งนี้ สามารถสรุปผล ได้ดังนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาการปนเปื้อนของแบคทีเรียในวัตถุดิบปลาข้างเหลืองสด

ตัวอย่างปลาข้างเหลืองสด ที่เก็บจากบริเวณ จตุรัสวัดดุสิต ของบริษัท กรณีสีกแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสงคราม3 ตัวอย่าง พบว่าใน ตัวอย่างปลาข้างเหลืองสด มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดพบในปริมาณสูงเกินเกณฑ์ทั้งหมด มีปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย มี Yeasts and molds และ *Samonella* spp. อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด โดยมาตรฐานกองตรวจสอบรับรองมาตรฐานคุณภาพสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้ออกเรื่องข้อกำหนดด้านความปลอดภัยสินค้าประมง มาตรฐานผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำสำหรับส่งออก ได้กำหนดชนิดของจุลินทรีย์ปริมาณเชื้อที่พบสำหรับอาหารที่บริโภคได้ ต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดในกลุ่มสินค้าปลาแห้ง มีจำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด (total viable count) ที่ยอมรับได้ในตัวอย่างที่ตรวจสอบต้องไม่เกิน 5.0×10^5 CFU/g. โคลิฟอร์มแบคทีเรีย ที่ยอมรับได้ในตัวอย่างที่ตรวจสอบต้องไม่เกิน <3 MPN/g. *Samonella* spp. ที่ยอมรับได้ในตัวอย่างที่ตรวจสอบต้อง ND per 125 g. และ Yeasts and molds ที่ยอมรับได้ในตัวอย่างที่ตรวจสอบต้องไม่เกิน 1.0×10^3 CFU/g. โดยวัดจากจำนวนจุลินทรีย์ที่ยอมรับได้ในตัวอย่างที่ตรวจสอบ

ตอนที่ 2 เพื่อศึกษาปริมาณความเข้มข้น และระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่น้ำโอโซนต่อคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของปลาข้างเหลืองแช่และสด

ในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตปลาข้างเหลืองตากแห้ง โดยศึกษาความเข้มข้นของน้ำโอโซน 3 ระดับ คือ 0.5, 0.75 และ 1 ppm ระยะเวลาในการแช่คือ 10, 15 และ 20 นาที พบว่าปลาข้างเหลืองแช่และสด ที่ผ่านการแช่น้ำโอโซนจะส่งผลต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ลดลง 1-2 logs โดยตัวอย่างทั้งหมดไม่พบปริมาณเชื้อ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย *Samonella* spp และ Yeasts and molds ในตัวอย่างการทดลอง ผลการทดลองพบว่าโอโซนที่ความเข้มข้น 1 ppm และระยะเวลา แช่ที่ 20 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และยีสต์/ราลงได้มากที่สุด

ตอนที่ 3 เพื่อศึกษาผลของน้ำไอโซนต่อคุณลักษณะทางจุลินทรีย์ของปลาข้างเหลืองตากแห้ง

จากการศึกษาผลของความเข้มข้นและระยะเวลาการแช่น้ำไอโซนปลาข้างเหลืองชำแหละสด ก่อนการตากแห้งพบว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์/รา โดยการประยุกต์ใช้ไอโซนที่ความเข้มข้นสูง และระยะเวลาในการแช่นานขึ้นทำให้เชื้อจุลินทรีย์มีแนวโน้มลดลง เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง $1 - 2 \log \text{CFU} / \text{g}$. เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะควบคุมที่ไม่มีการใช้ไอโซน ในขณะที่ปริมาณยีสต์ รา ลดลง $0.60 \log \text{CFU/g}$. และ $0.95 \log \text{CFU/g}$ ตามลำดับ เนื่องจากไอโซนมีคุณสมบัติ เป็นสารออกซิไดซ์ที่รุนแรงสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้โดยการฆ่าจากการสัมผัส โดยตรงที่ผนังเซลล์ และยังส่งผลให้เกิดการออกซิเดชันของสารที่เป็นองค์ประกอบภายในเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์

ตอนที่ 4 เพื่อศึกษาผลของการใช้น้ำไอโซนต่ออายุการเก็บรักษาของปลาข้างเหลืองตากแห้ง

จากการศึกษาเพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาของเนื้อปลาข้างเหลืองตากแห้งที่ผ่านการแช่น้ำไอโซน ที่ความเข้มข้น 1 ppm นาน 20 นาที หลังจากนั้นนำไปตากแห้งที่อุณหภูมิ 35- 40 องศาเซลเซียสจนกว่าค่าวอเตอร์แอกติวิตี (A_w) ได้มากกว่า 0.85 แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 3 สภาวะคือการ เก็บรักษาที่สภาวะบรรยากาศ และสภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 7 และ -18 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่ากระบวนการใช้ไอโซน การเก็บในสภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่ดีที่สุดที่สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาข้างเหลืองตากแห้งได้นาน 45 วัน ในขณะที่สภาวะไม่ควบคุม (ไม่ใช้ไอโซน เก็บในสภาวะบรรยากาศ ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ไม่สามารถเก็บรักษาได้ในวันที่ 0 ของการทดลอง ในส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมพบว่าคะแนนอยู่ในช่วงขอบปานกลาง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาถึงความเข้มข้นและเวลาที่เหมาะสมในการทำลายเชื้อโรคชนิดนั้นๆ เพราะแม้ว่าน้ำไอโซนจะไม่ก่อให้เกิดสารตกค้างในสิ่งแวดล้อม แต่น้ำไอโซนเป็นก๊าซที่มีกลิ่นฉุน หากผู้ใช้สัมผัสกับไอโซนที่ความเข้มข้นสูงมากหรือความเข้มข้นน้อยแต่สัมผัสเป็นเวลานาน จะทำให้เกิดอาการแสบจมูก และอาจอาเจียนได้ จึงควรออกแบบเครื่องมือให้สามารถป้องกันกลิ่นฉุนนี้

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาการใช้น้ำไอโซนร่วมกับการใช้สารต้านอนุมูลอิสระ ในด้านการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัทกรณีศึกษา คณะอาจารย์คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมทุกท่านที่ถ่ายทอดวิชาความรู้ ชี้แนะแนวทาง ให้คำแนะนำ ในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา และมารดา ผู้ที่ให้ชีวิต ความรู้ ทุกสิ่งทุกอย่างกับข้าพเจ้า และเป็นกำลังใจ สนับสนุนด้วยดีตลอดมา จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบให้แก่บุคคลที่สนใจที่จะศึกษาในเรื่องของความเป็นไปได้ นำข้อมูลในส่วนที่เหมาะสมไปประยุกต์ใช้ในงานวิทยานิพนธ์เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ฐานเศรษฐกิจ. รายงานสถานการณ์ส่งออกประจำปี 2560. (online). เข้าถึงข้อมูลเมื่อ 15 ธันวาคม 2560.

จาก <http://www.thansettakij.com>

ประมุข กระจกสุกสถิตย์. (2552). การปรับปรุงคุณภาพทางกายภาพ เนื้อสัมผัสและอายุการเก็บรักษาของ
ปลานิลแดดเดียวโดยใช้การอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำร่วมกับน้ำไอโซน. กรุงเทพฯ: ภาควิชา
เทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระพีพันธ์ โพธิ์ศรี. (2549). สถิติเพื่อการวิจัย. กรุงเทพฯ : ด้านสุทธาการพิมพ์.

สุจิตกัลยา มฤครัฐอินแปลง. (2560). การคัดแยกและศึกษาสมบัติบางประการของแอคติโนแบคทีเรียที่มีผลต่อ
การเสื่อมสภาพทางชีววิทยาของโบราณสถานในอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย. วารสารวิจัยและ
พัฒนา วไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 12(1), 107-117.

สุรพล รักปทุม. (2543) ไอโซนเพื่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ภาพพิมพ์.

สิริพร ธนเสาวภาคย์. (2543). ไอโซนกับความปลอดภัยในอาหาร. อาหาร 30 (2): 79-86.

อัจฉรา แสนคม, น้ำทิพย์ ชันทยาภรณ์ และวราภา มหากาญจนกุล. (2553). การประยุกต์การใช้สารฆ่าเชื้อ
กลุ่มออกซิไดส์ซึ่งเพื่อกำจัดจุลินทรีย์ก่อโรคในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ. กรุงเทพฯ:
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Campos, C. A., O. R. guez, V. Losada, S. P. Aubourgc and J. B. Zquez. (2005). Effects of storage
in ozonised slurry ice on the sensory and microbial quality of sardine (*Sardina*
pilchardus). Int. J. Food Microbiology. 103: 121– 130. Microbiology. 91: 13–18.

Park, H., Y. C. Hung and D. Chung. (2004). Effects of chlorine and pH on efficacy of
electrolyzed water for inactivating *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria*
monocytogenes. Int. J. Food